

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**
①1 **DE 3839945 A 1**

②1 Aktenzeichen: P 38 39 945.8
②2 Anmeldetag: 26. 11. 88
④3 Offenlegungstag: 31. 5. 90

⑤1 Int. Cl. 5:
H01 Q 3/26
H 01 Q 21/00
H 01 Q 3/36
H 01 Q 25/00
// G01 S 7/36

DE 3839945 A 1

⑦1 Anmelder:
TELEFUNKEN SYSTEMTECHNIK GMBH, 7900 Ulm,
DE

⑦2 Erfinder:
Solbach, Klaus, Dr., 7913 Senden, DE

⑤4 **Phasengesteuerte Gruppenantenne**

Bei einer Gruppenantenne mit festem Strahlerelementarstrahler kann eine eingeschränkte Diagrammschwenkung in der Zeilenebene in aufwandsarmer Weise dadurch erzielt werden, daß die Strahlerzeilen in Untergruppen aufgeteilt und mittels je eines Phasenschiebers separat in der relativen Untergruppenphase steuerbar sind. Dabei treten aber bereits bei geringen Diagrammschwenkwinkeln Grating Lobes mit erheblichen Pegeln auf. Zur Absenkung der Grating-Lobe-Pegel wird vorgeschlagen, mehrere Zeilenpositionen mit in Zeilenrichtung um ganzzahlige Vielfache des Strahler-rasterabstands verschobenen Untergruppengrenzen vorzusehen und die Strahlerzeilen mit verschiedenen Zeilenpositionen in Spaltenrichtung in quasistatistischer Reihenfolge anzuordnen.

DE 3839945 A 1

K 002234

Die Erfindung betrifft eine phasengesteuerte Gruppenantenne der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art.

Eine derartige Antenne ist beispielsweise aus DE 28 55 623 A1 bekannt. Bei der bekannten Antenne sind die Strahlerelemente in der Antennenapertur in horizontalen Zeilen und vertikalen Spalten, z.B. im Rechteckraster oder im Dreieckraster, angeordnet. Die Strahlerelemente sind zeilenweise zusammengefaßt. Zur Speisung der Strahlerelemente sind eine gemeinsame Spaltenverteilung und zu jeder Strahlerzeile eine Zeilenverteilung vorhanden. Zur Diagrammschwenkung in der Elevation (Spaltenebene) ist am Eingang jeder Zeilenverteilung ein elektronisch steuerbarer Phasenschieber angeordnet. Für eine entsprechende Diagrammschwenkung im Azimutbereich wären an sich Phasenschieber an allen Strahlerelementen erforderlich. Bei der bekannten Antenne ist die elektronische Diagrammschwenkung im Azimut (Zeilenebene) für die "look-back"-Betriebsart vorgesehen, bei welcher nur ein vergleichsweise geringer Schwenkwinkel auftritt. Für diese Diagrammschwenkung im Azimut sind die Strahlerzeilen in Untergruppen mit je einem Verzweigungsnetzwerk, an dessen Eingang jeweils ein elektronisch steuerbarer Phasenschieber angeordnet ist, aufgeteilt. Der zur Diagrammschwenkung einzustellende, linear progressive Phasenverlauf in Zeilenrichtung wird durch die von Untergruppe zu Untergruppe stufenweise veränderte Phasenbeziehung angenähert. Durch die Aufteilung in Untergruppen ergibt sich gegenüber der Anordnung je eines Phasenschiebers pro Strahlerelement eine erhebliche Aufwandsverringerung. Nachteilig ist aber, daß aufgrund der Untergruppenaufteilung bei der Diagrammschwenkung starke Nebenkeulen, sog. "Grating Lobes" auftreten können.

Das Problem der Grating Lobes ist z.B. behandelt im Buch "Phased Array Antennas" von Oliner/Knittel, Artech House, Inc., 1972. Im Abschnitt "Survey of Time Delay Beam Steering Techniques", Seiten 254 bis 260, ist für Gruppenantennen mit Untergruppenaufteilung der Antennenapertur vorgeschlagen, anstelle der üblichen Aufteilung mit aneinandergrenzenden Untergruppen eine Aufteilung mit ineinandergeschachtelten (interlaced) oder überlappenden (overlapping) Untergruppen (subarrays) vorzunehmen. Im Abschnitt "Limited Scan Arrays", Seiten 332 bis 343, sind Gruppenantennen mit Strahlerelementen unterschiedlicher Größe in aperiodischer Anordnung innerhalb der Antennenapertur beschrieben. Die genannten Ausführungen von Gruppenantennen mit unterdrückten Grating Lobes müssen bereits bei der Konzeption des Antennenaufbaus berücksichtigt werden und führen zu speziellen Formen der Verzweigungsnetzwerke, der Strahleranordnung und -größe und der Steuerung und sind daher in der Regel nicht geeignet, bestehende Radarantennen mit eindimensionaler elektronischer Diagrammschwenkung in der Elevation um die genannte look-back-Betriebsart im Azimut zu erweitern.

In der DE 33 42 698 A1 ist vorgeschlagen, zur Reduktion von Grating Lobes einer Gruppenantenne gegenüber der regelmäßigen Zeilen/Spalten-Anordnung der Strahlerelemente z.B. Strahlerzeilen in Zeilenrichtung statistisch gegeneinander zu verschieben, so daß die Strahlerelement-Verbindungslinien in Spaltenrichtung keine geraden Spaltenlinien, sondern unregelmäßige Zickzack-Linien bilden. Eine solche statistische Zeilen-

verschiebung setzt aber eine Abweichung von einem festen Elementraster voraus und ist aus diesem Grund ebenfalls für viele Fälle nicht praktikierbar.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, für eine phasengesteuerte Gruppenantenne der eingangs beschriebenen Art mit festem Strahlerelementraster eine aufwandsarme Möglichkeit der begrenzten Diagrammschwenkung in der Zeilenebene mit gut unterdrückten Grating Lobes anzugeben.

Die Erfindung ist im Patentanspruch 1 beschrieben. Die Unteransprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung.

Bei einer erfindungsgemäß aufgebauten Antenne können relativ große Untergruppen eingesetzt werden, woraus eine geringe Anzahl benötigter Phasenschieber resultiert. Es können weitgehend einheitliche Bauteile benutzt werden und bereits vorhandene phasengesteuerte Gruppenantennen der eingangs genannten Art sind mit geringem Aufwand umrüstbar.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand der Abbildungen noch eingehend erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 einen Ausschnitt aus der Apertur einer Antenne mit Rechteckraster und regelmäßiger Untergruppenaufteilung;

Fig. 2 einen Ausschnitt aus der Apertur einer Antenne mit Dreieckraster und regelmäßiger Untergruppenaufteilung;

Fig. 3 die Parallelspeisung von Untergruppen innerhalb einer Strahlerzeile;

Fig. 4 die Parallelspeisung von getrennt phasensteuerbaren Untergruppen innerhalb einer Strahlerzeile;

Fig. 5 mögliche Zeilenpositionen;

Fig. 6 eine Auswahl von Zeilenpositionen mit verkürzten Randuntergruppen;

Fig. 7 eine Parallelverzweigung innerhalb einer verkürzten Untergruppe;

Fig. 8 eine Aperturaufteilung mit regelmäßigem Versatz aufeinanderfolgender Zeilen;

Fig. 9 eine Aperturaufteilung mit unregelmäßiger Folge unterschiedlicher Zeilenpositionen;

Fig. 10 Phasenverläufe für die verschiedenen Zeilenpositionen bei geschwenktem Antennendiagramm;

Fig. 11 eine unregelmäßige Aperturaufteilung mit modifizierter Zeilenunterteilung;

Fig. 12, 13 je eine modifizierte Unterteilung einer Strahlerzeile.

Bei dem Aperturausschnitt nach Fig. 1 ist eine Antenne zugrunde gelegt, bei welcher die Strahlerelemente St im Rechteckraster mit horizontalen (x -Richtung) Strahlerzeilen und vertikalen (y -Richtung) Spalten angeordnet sind.

Innerhalb einer Zeile sind jeweils mehrere, im skizzierten Beispielsfall acht Strahlerelemente zu einer Untergruppe SA zusammengefaßt. Die Untergruppen seien alle von einheitlicher Größe. R bezeichnet die seitliche Berandung der Apertur. Der Abstand horizontal benachbarter Strahlerelemente ist bei einer solchen Anordnung kleiner als eine halbe Wellenlänge bei der Betriebsfrequenz.

Demgegenüber zeigt die Fig. 2 eine Strahleranordnung im Dreieckraster, deren Vorteil darin liegt, daß der Abstand horizontal benachbarter Strahlerelemente auf nahezu eine Wellenlänge vergrößert werden kann. Durch in Zeilenrichtung gleichen Phasenverlauf je zweier übereinanderliegender Zeilen wird der effektive Strahlerabstand in Zeilenrichtung halbiert. Zwei übereinanderliegende Zeilen werden deshalb auch als Doppelzeile bezeichnet und sind im folgenden wie eine Zeile

behandelt. Die weiteren Ausführungen gelten sowohl für Rechteck- als auch für Dreieck-Rasteranordnungen der Strahlerelemente.

Die Fig. 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Antennenzeile ohne azimutale Schwenkmöglichkeit. Die Antennenuntergruppen SA umfassen eine Reihe von im Beispielsfall acht Strahlern sowie ein Untergruppen-Verteilungsnetzwerk SAV. Die mehreren Untergruppen einer Zeile sind über eine Zeilenverteilung ZV, in Fig. 3 als Parallelverzweigung ausgeführt, und über den gemeinsamen Zeilenphasenschieber Pz mit der Spaltenverteilung SpV verbunden. Mittels der elektronisch steuerbaren Zeilenphasenschieber kann das Antennendiagramm senkrecht zur Zeilenebene geschwenkt werden. Zur zusätzlichen Diagrammschwenkung im Azimut muß der Verlauf der Phasenbelegung in Zeilenrichtung (x-Richtung) veränderbar sein, wozu in Fig. 4 anstelle eines gemeinsamen Zeilenphasenschiebers je ein Untergruppen-Phasenschieber P_{SA} am Eingang jeder Untergruppe angeordnet ist. Für eine gegen die Antennennormale geneigte Hauptstrahlrichtung des Diagramms wird in den Phasenschiebern P_{SA} ein in Zeilenrichtung von Untergruppe zu Untergruppe stufenweise progressiver Phasenverlauf eingestellt. Die relative Phasenlage der Strahlerelemente innerhalb einer Untergruppe bleibt konstant. Die regelmäßig Anordnung der Untergruppen bildet dann für sich ein grobes Übraster mit Rasterschritten weit über einer Wellenlänge und verursacht die beschriebenen Grating Lobes.

Gebräuchlich ist bei einer Antenne mit Aufteilung einer Strahlerzeile in Untergruppen die Bildung lauter gleich großer Untergruppen und somit eine Gesamtlänge einer Strahlerzeile als ganzzahliges Vielfaches einer Untergruppenlänge. Dies hat vor allem fertigungstechnische Vorteile aufgrund lauter mechanisch gleich aufgebauter Untergruppen.

Unter Beibehaltung des regelmäßigen Strahlerelementrasters kann das durch die Untergruppen gebildete Übraster aufgelöst werden, indem mehrere unterschiedliche Zeilenpositionen mit gegen die reguläre Zeilenposition in Zeilenrichtung verschobenen Untergruppengrenzen vorgesehen werden. Die sich für den Beispielsfall ergebenden möglichen Zeilenpositionen sind in Fig. 5 skizziert. Dabei seien A die reguläre Zeilenposition und B bis G die gegen A nach links oder rechts verschobenen Zeilenpositionen mit der gleichen Untergruppengröße. Für die Aufeinanderfolge der Zeilen quer zur Zeilenrichtung können prinzipiell Anordnungen mit regelmäßigem gegenseitigen Versatz einanderfolgender Zeilen und Anordnungen, bei welchen die Aufeinanderfolge der Zeilenpositionen eine quasizufällige Folge bildet, unterschieden werden. Bei der Anordnung mit regelmäßig versetzten Zeilen wird eine erhebliche Reduktion der Grating Lobes in der Zeilenebene (Azimutebene) erreicht, wobei aber Grating Lobes in anderen Ebenen entstehen. Durch quasizufällige Aneinanderreihung verschiedener Zeilenpositionen in Spaltenrichtung ergibt sich eine unregelmäßige Aperturaufteilung, bei welcher die Grating Lobes gegenüber der regelmäßigen Anordnung in allen Ebenen stark abgesenkt sind. Der Zeilenaufbau bleibt in beiden Fällen im wesentlichen erhalten, so daß gegenüber bestehenden Antennen nur geringe Veränderungen erforderlich sind.

Die Berandung der Apertur bleibt bei Verschiebung der Strahlerzeilen allerdings nicht mehr erhalten. Soll weiterhin eine in Spaltenrichtung kontinuierlich verlaufende Aperturberandung vorliegen, wie in Fig. 5 mit R bezeichnet, so bleiben bei den Zeilenpositionen B bis G

zwischen der Aperturberandung und der ersten vollständig innerhalb der Apertur liegenden Untergruppe Bereiche, die kürzer sind als eine reguläre Untergruppe. Diese können durch verkürzte Randuntergruppen RU mit einem (Position B) bis zu sieben (Position G) Strahlerelementen ausgefüllt sein. Zeilenaufbauten in verschobenen Positionen B bis G mit derart verkürzten Randuntergruppen seien im folgenden mit B' bis G' bezeichnet. Demgegenüber seien die Untergruppen mit acht Strahlerelementen im folgenden als normalgroße Untergruppen oder Untergruppen in Normalgröße bezeichnet. Der Vorteil lauter gleich aufgebauter Untergruppen wird auf diese Weise aber weitgehend aufgehoben, da nunmehr neben den normalgroßen Untergruppen sieben verschiedene Größen für Randuntergruppen auftreten, wobei die beiden Randgruppen einer verschobenen Zeile komplementär sind (also z.B. an der linken Berandung zwei, an der rechten Berandung sechs Strahlerelemente).

Vorzugsweise werden daher nicht alle möglichen Zeilenpositionen eingesetzt, sondern nur eine Auswahl unter allen möglichen Positionen A bis G bzw. B' bis G'. Im Beispielsfall ist eine Beschränkung auf die Positionen C', E' und G' mit Verschiebungen gegenüber A um zwei, vier oder sechs Elementabstände, wodurch sich die Zahl der zusätzlich zu den normal großen Untergruppen benötigten Randuntergruppen auf drei verringert (Positionen C', E' und G' in Fig. 6), vorteilhaft.

Eine weitere günstige Möglichkeit, die Vielfalt der Randuntergruppen zu verringern, ist darin zu sehen, daß Randuntergruppen mit weniger als der Hälfte der Strahlerelemente (gegenüber normal großen Untergruppen) ganz weggelassen, die Zeilen in den entsprechenden Positionen also um ein bis drei Elemente verkürzt sind (C'' in Fig. 6). Ergänzend kann in ähnlicher Weise vorgesehen sein, Randuntergruppen mit mehr als der Hälfte der Elemente auf die Hälfte der Elemente zu verkürzen (G'' in Fig. 6). Die um eine halbe Untergruppenlänge gegen A verschobenen Zeilen weisen vorteilhafterweise an der linken und der rechten Berandung jeweils eine Randuntergruppe der halben Normalgröße auf (E' in Fig. 6). Unter Umständen kann auch auf eine der beiden Randuntergruppen verzichtet werden, wodurch sich beispielsweise die Möglichkeit bietet, für die verschobenen Zeilenpositionen die gleichen Zeilenverteilungen zu benutzen wie für die unverschobene Zeilenposition A. Die vorstehend genannten Maßnahmen können auch in Kombination eingesetzt sein, wobei dann beispielsweise für eine um zwei Strahlerabstände verschobene Zeile (C in Fig. 5) durch Wegfall der Zweier-Randuntergruppe an der linken Aperturberandung (C'' in Fig. 6) und durch Verkürzen der Sechser-Randuntergruppe auf vier Elemente (wie G'' in Fig. 6) an der rechten Aperturberandung die Zeile um insgesamt vier Elemente kürzer ausfällt als eine reguläre Zeile A, aber dieselbe Anzahl an Untergruppen und somit auch dieselbe Anzahl an Phasenschiebern aufweist.

Die Untergruppen-Verzweigungsnetzwerke SAV sind vorzugsweise als Parallelverzweigungen aufgebaut. Die Verzweigungsnetzwerke der verkürzten Untergruppen können aus denen der normal großen Untergruppen auf einfache Weise in der Art abgeleitet werden, daß die Netzwerkleitungen zu nicht besetzten Strahlerelementplätzen reflexionsfrei abgeschlossen sind. Für eine Sechs-Element-Randuntergruppe ist in Fig. 7 ein Verteilungsnetzwerk skizziert, bei welchem die Zuleitung zu den nicht besetzten beiden äußeren Strahlerelementplätzen mit einem Widerstand W refle-

xionsfrei abgeschlossen ist.

Sowohl die Weglassung äußerer Strahlerelemente einer verschobenen Zeile (C'' , G'' in Fig. 6) als auch der Abschlußwiderstand W in Fig. 7 sind von relativ geringem Einfluß auf Leistungsbilanz und Amplitudenbelegung der Apertur, da die Antennenapertur im Regelfall nicht mit homogenem, sondern mit getaperter Amplitudenverlauf belegt ist und daher auf die äußersten Strahlerelemente nur geringe Leistungsanteile entfallen.

Bei dem in Fig. 8 skizzierten Ausschnitt aus der Antennenapertur sind für die quer zur Zeilenrichtung aufeinanderfolgenden Zeilen jeweils Zeilenpositionen mit von Zeile zu Zeile um gleiche Längen, im skizzierten Beispielsfall um den zweifachen Strahlerabstand, versetzten Untergruppengrenzen vorgesehen. Dabei ergeben sich vier unterschiedliche Zeilenpositionen A , C' , E' und G' , die sich quer zur Zeilenrichtung zyklisch wiederholen. Es ergibt sich wieder eine gewisse Regelmäßigkeit in der Apertureinteilung. Bei Apertureinteilungen der in Fig. 8 skizzierten Art sind aber gegenüber der Einteilung wie in Fig. 1 Grating Lobes in der Zeilenebene (Azimutebene), die durch Zeilenrichtung und Diagrammhauptstrahlrichtung aufgespannt ist, weitgehend unterdrückt. Andererseits entstehen in Ebenen, die zwischen Zeilenebene und Spaltenebene "schräg" verlaufen, neue Grating Lobes. Diese Verdrängung von Grating Lobes aus der Azimut-Ebene in andere Ebenen ist von besonderem Vorteil für Anwendungen, bei welchen einerseits die Nebenkeulenunterdrückung im Azimut von besonderer Wichtigkeit ist und andererseits außerhalb der Azimutebene liegende Nebenkeulen keine gravierenden Nachteile bedeuten. Dies gilt beispielsweise für die Unterdrückung von bodengestützten Störern bei Boden- oder Schiffs-Radaranlagen. Die Verdrängung der Grating Lobes aus der Zeilenebene wird auch bei nur mittlerer Gesamtzahl von Strahlerzeilen mit hoher Wirkung erreicht, so daß die in Fig. 8 skizzierte Anordnung mit regelmäßig versetzten Untergruppengrenzen auch für kleinere Gruppenantennen günstig ist, bei denen wegen geringer Zeilenzahl die statistisch verteilende Wirkung einer quasizufälligen Anordnung nur beschränkte Wirkung zeigt.

In Fig. 9 ist ein Ausschnitt aus der Antennenapertur bei unregelmäßiger Anordnung von Zeilenpositionen A , C' , E' und G' (vgl. Fig. 6) skizziert. Fig. 9 zeigt den prinzipiellen Verlauf der relativen Phasen φ_{rel} in der Antennenapertur bei aus der Antennennormale in der Zeilenebene geschwenktem Richtdiagramm. Die durchgezogene Treppenlinie gibt den Phasenverlauf entlang der unverschobenen Zeilen wieder, der bei regelmäßiger Aperturaufteilung, wie z.B. in Fig. 1 oder 2, in allen Strahlerzeilen gleich ist und dann zu den starken Grating Lobes führt. Bei unregelmäßiger Aperturaufteilung mit verschobenen Zeilen ergeben sich dann entsprechende Phasenverläufe der mit unterbrochenen, punktierten oder strichpunktiierten Linien eingetragenen Treppenfunktionen, deren Zuordnung zu den verschiedenen Zeilenpositionen gleichfalls eingetragen ist. Über die gesamte Apertur gesehen ergibt sich damit eine Art Verschmierung der relativ groben Phasenstufen. Im mit dieser Anordnung erzielten Diagramm äußert sich dies im wesentlichen in der Art, daß die bei der regelmäßigen Anordnung in einigen Grating Lobes mit hohem Nebenkeulenpegel konzentrierte Strahlungsleistung bei der unregelmäßigen Aperturaufteilung auf einen großen Raumwinkelbereich verteilt und dabei die maximalen Nebenkeulenpegel erheblich abgesenkt werden. Die

Anordnung mit der in Fig. 8 skizzierten Apertureinteilung kann, wie bereits ausführlich beschrieben, durch Wegfall der Zweier-Randuntergruppen und/oder durch Verkürzung der Sechser-Randuntergruppen auf vier Elemente auf eine Aufteilung mit nur zwei verschieden großen Untergruppen vereinfacht werden, ohne daß nennenswerte Diagrammveränderungen auftreten. Die Unterschiede sind dann trotz erheblich reduzierter Grating-Lobe-Pegel gegenüber der regelmäßigen Anordnung nur noch gering, so daß bestehende Anlagen umgerüstet oder neue Anlagen mit nur geringem zusätzlichem Entwicklungs-, Konstruktions- und Fertigungsaufwand erstellt werden können.

Die Entstehung von Grating Lobes bei der Diagrammschwenkung ist immer auch begleitet von einem Gewinnabfall in der Hauptkeule des Diagramms. Dieser Nachteil wird durch die beschriebene unregelmäßige Aperturaufteilung nicht beseitigt. Eine Weiterbildung der Erfindung sieht daher vor, zusätzlich zur Zeilenmitte hin die Größe der Untergruppen zu reduzieren. Da bei getaperter Amplitudenbelegung die Strahlerelemente im Bereich der Zeilenmitte mit wesentlich höherer Leistung beaufschlagt werden als die äußeren Elemente, ist auch ihr Einfluß auf den Pegel der Grating Lobes bzw. den Gewinnabfall der Hauptkeule stärker. Kürzere Untergruppen verursachen von vornherein einen geringeren Leistungsanteil in den Grating Lobes bzw. geringere Verluste beim Diagrammgewinn. Zwei Beispiele für zur Zeilenmitte hin verringerte Größe der Untergruppen zeigen die Fig. 12 und 13, wobei als Zeilenverteilung eine Serienspeiseleitung skizziert ist.

Im Beispiel nach Fig. 12 sind zwei verschiedene Größen von Untergruppen vorgesehen, wobei für die größeren Untergruppen die auch in den vorhergehenden Beispielen gebrauchte Normalgröße von acht Strahlerelementen angenommen ist, während die verkürzten Untergruppen im Bereich der Zeilenmitte M vier Elemente umfassen, also halbe Normalgröße aufweisen. Als Bereich der Zeilenmitte kann z.B. je nach Verlauf der Amplitudentaperung ein Drittel bis die Hälfte der Zeilenlänge angesehen werden. Der in Fig. 12 skizzierte Zeilenaufbau ist wieder als unverschobene Zeilenposition anzusehen. Bei verschobenen Zeilenpositionen ergeben sich in der beschriebenen Weise auch am Zeilenrand wieder verkürzte Untergruppen. In Verbindung mit Zeilenaufbauten für verschobene Zeilenpositionen, wie C'' , E' und G'' aus Fig. 6, ergibt sich als hervorzuhebender Vorteil, daß die sich aus der Zeilenverschiebung ergebenden verkürzten Randuntergruppen und die verkürzten Untergruppen im Bereich der Zeilenmitte gleich groß sind und daher beim gesamten Antennenaufbau wiederum nur zwei konstruktiv unterschiedliche Untergruppengrößen auftreten. Ein weiterer Vorteil der verkürzten Untergruppen im Bereich der Zeilenmitte ist die geringere Belastung der Phasenschieber. Während bei einheitlicher Untergruppengröße wegen der getaperter Amplitudenbelegung der Apertur die Phasenschieber zu den in Zeilenmitte gelegenen Untergruppen für erheblich höhere Leistungen ausgelegt sein müssen als bei den außenliegenden Gruppen, wird durch die Verkürzung der Untergruppen in Zeilenmitte die Belastung der einzelnen Phasenschieber stärker nivelliert, so daß einheitlich billigere Phasenschieber eingesetzt werden können.

Bei Einsatz von Strahlerzeilen mit im Bereich der Zeilenmitte verkürzten Untergruppen nach Fig. 12 und Vereinfachung der Randbereiche positionsverschobener Zeilen, wie C'' und G'' in Fig. 6, stellt sich der in

Fig. 9 skizzierte Aperturausschnitt in der in Fig. 11 skizzierten Aufteilung dar. Die Unregelmäßigkeit der Zeilenverschiebungen ist in beiden Fällen gleich, so daß die Verteilung der Strahlungsleistung der Grating Lobes über größere Raumwinkel und die dadurch erzielte relative Pegelabsenkung für beide Aperturaufteilungen gleich angenommen werden kann. Durch die verkürzten Untergruppen im Bereich der Zeilenmitte *M* werden jedoch bei der Anordnung nach Fig. 12 von vornherein geringere Leistungsanteile in die Grating Lobes abgezweigt. Schließlich ist der Aufbau nach Fig. 11 in der Hinsicht einfacher, als nur zwei Größen von Untergruppen eingesetzt sind. Der Einfluß der teilweise nicht besetzten Strahlerplätze am Zeilenrand ist, wie bereits beschrieben, wegen der Amplitudentaperung gering. Dem Nachteil zweier zusätzlicher Phasenschieber in einigen Zeilen steht der Vorteil der geringeren Maximalbelastung der Phasenschieber gegenüber.

Bei der in Fig. 13 skizzierten Aufteilung wird die von Zeilenmitte zum Zeilenrand abfallende Amplitudenbelegung der Apertur in der bei Fig. 12 prinzipiell beschriebenen Weise noch stärker ausgenutzt, indem die Untergruppengrößen noch weiter abgestuft und die Größe der kürzesten Untergruppen noch weiter verringert sind.

Eine weitere Verringerung der Verluste beim Diagrammgewinn kann noch dadurch erzielt werden, daß bei der Einstellung der Phasenschieber die Steuerphasen für die einzelnen Untergruppen so gewählt sind, daß die Phasenabweichungen von einem hypothetischen, linear progressiven Phasenverlauf über die Antennenapertur innerhalb einer Untergruppe für die Strahlerelemente mit der größten Leistung geringer sind als für die Strahlerelemente mit der kleinsten Leistung.

Patentansprüche

1. Phasengesteuerte Gruppenantenne mit einer Vielzahl von in einem festen geometrischen Raster mit mehreren parallelen Strahlerzeilen in der Antennenapertur angeordneten Strahlerelementen, die innerhalb der Zeilen zu Untergruppen mit einem elektronisch steuerbaren Phasenschieber zu jeder Untergruppe zusammengefaßt sind, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Zeilenpositionen mit gegenseitig um ganzzahlige Vielfache des Strahlerelementabstands versetzten Grenzen der Untergruppen vorgesehen sind, daß die Gesamtzahl der Strahlerzeilen zu zumindest annähernd gleichen Teilen auf die mehreren Zeilenpositionen verteilt ist.

2. Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß quer zur Zeilenrichtung aufeinanderfolgende Zeilen jeweils um gleiche Längen gegeneinander versetzt sind.

3. Antenne nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß quer zur Zeilenrichtung die Aufeinanderfolge der Zeilenpositionen der einzelnen Zeilen eine Quasi-Zufallsfolge bildet.

4. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Normalgröße für die Untergruppen vorgegeben ist und die Länge der Strahlerzeilen ein ganzzahliges Vielfaches dieser Normalgröße beträgt.

5. Antenne nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Aperturberandung quer zur Zeilenrichtung quasikontinuierlich verläuft und die Randuntergruppen der Strahlerzeilen teilweise gegenüber

der Normalgröße verkürzt sind.

6. Antenne nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß Randuntergruppen, die weniger als die Hälfte der Strahlerelemente der normalgroßen Untergruppen enthalten, weggelassen sind.

7. Antenne nach Anspruch 5 oder Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß für verkürzte Randuntergruppen, die mehr als die Hälfte der Strahlerelemente der normalgroßen Untergruppen aufweisen, dasselbe Leistungsverteilungsnetzwerk wie für normalgroße Untergruppen eingesetzt ist, wobei die zu nicht besetzten Strahlerelementplätzen führenden Netzwerkleitungen reflexionsfrei abgeschlossen sind.

8. Antenne nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Zeilenmitte hin kürzere Untergruppen vorgesehen sind mit kleinerer Anzahl von Strahlerelementen als in normalgroßen Untergruppen.

9. Antenne nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die kürzeren Untergruppen im Bereich der Zeilenmitte dieselbe Größe haben wie verkürzte Randuntergruppen.

10. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß für die Strahlerzeilen aller Zeilenpositionen die gleichen Zeilensteuerelemente zur Leistungsverteilung innerhalb einer Zeile auf die einzelnen Untergruppen eingesetzt sind.

11. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerwerte für die elektronisch steuerbaren Phasenschieber so gewählt sind, daß innerhalb einer Untergruppe die Phasenabweichung vom kontinuierlichen Phasenverlauf über die Antennenapertur für mit höherer Sendeleistung gespeiste Strahlerelemente geringer ist als für Strahlerelemente mit geringerer Leistung.

12. Antenne nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die den Untergruppen zugeordneten Phasenschieber zur elektronischen Diagrammschwenkung in zwei Ebenen dienen.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

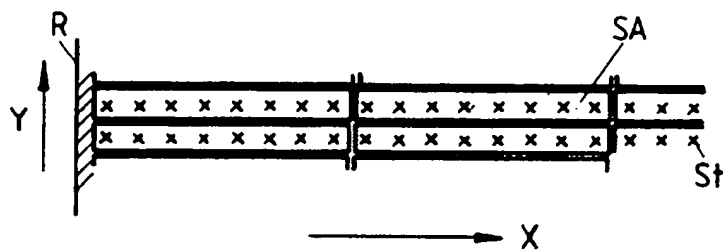


FIG. 1

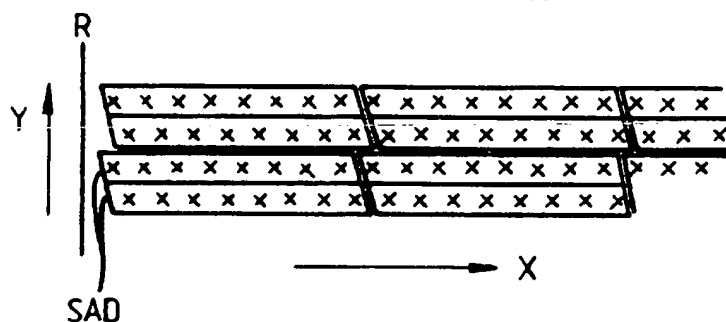


FIG. 2

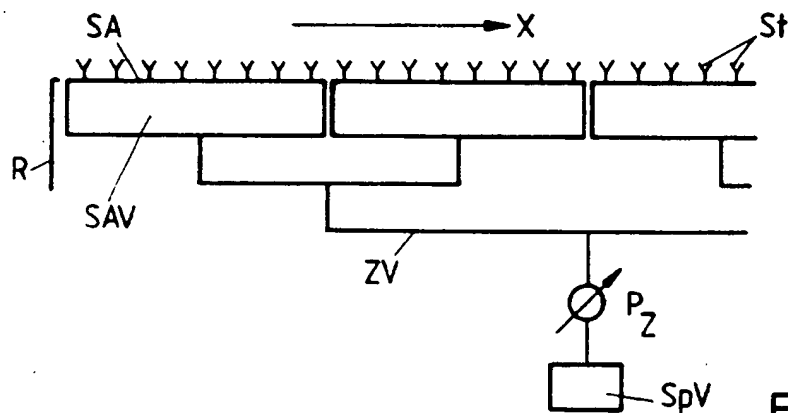


FIG. 3

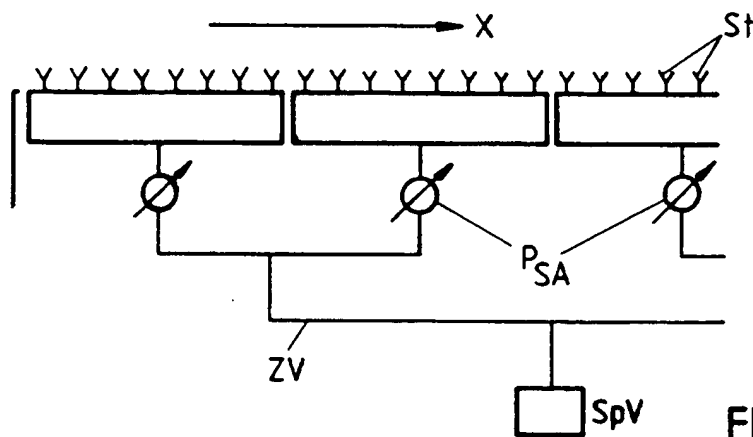


FIG. 4

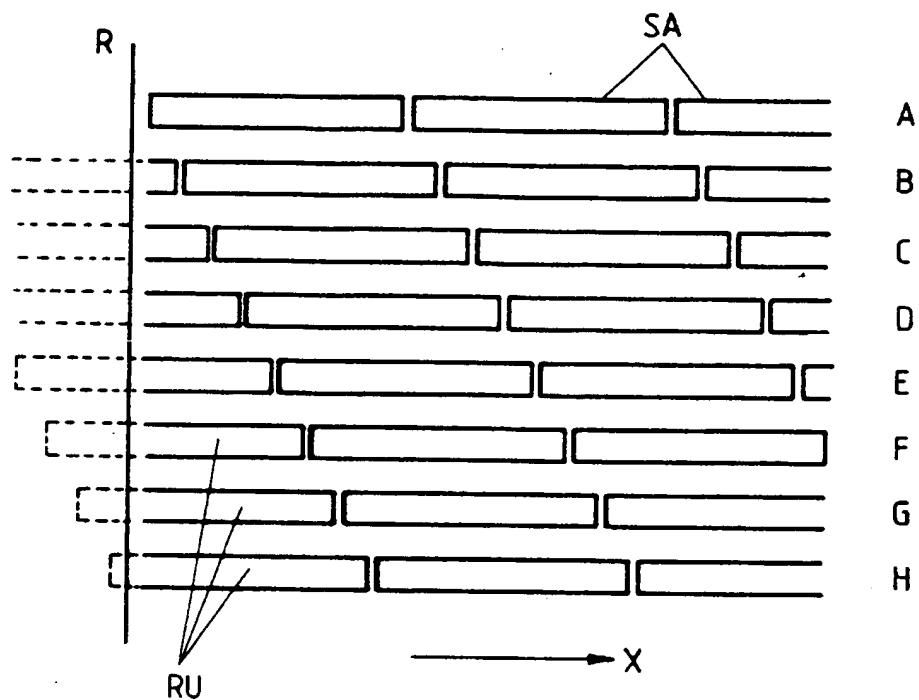


FIG. 5

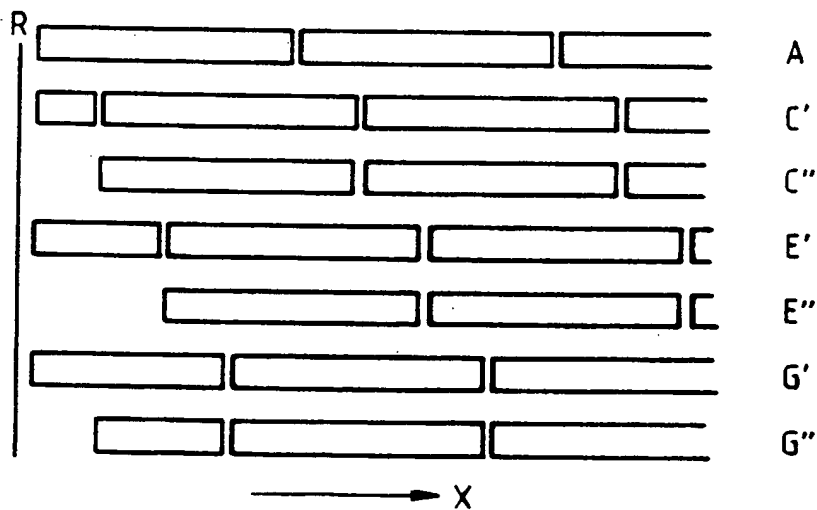


FIG. 6

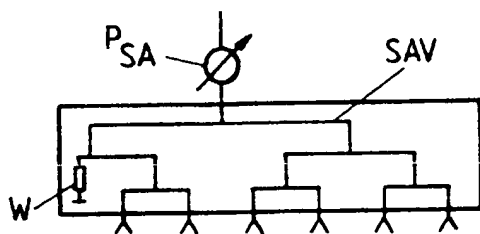


FIG. 7

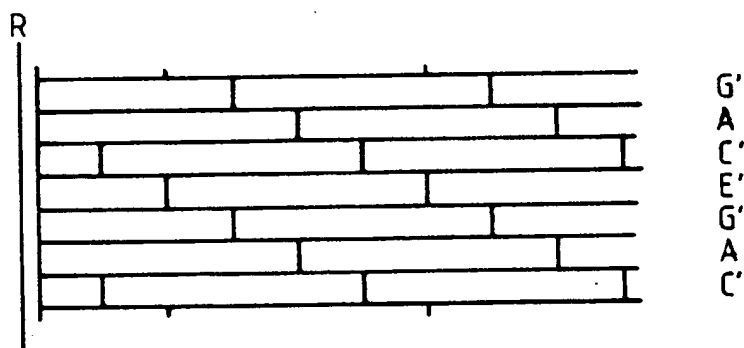
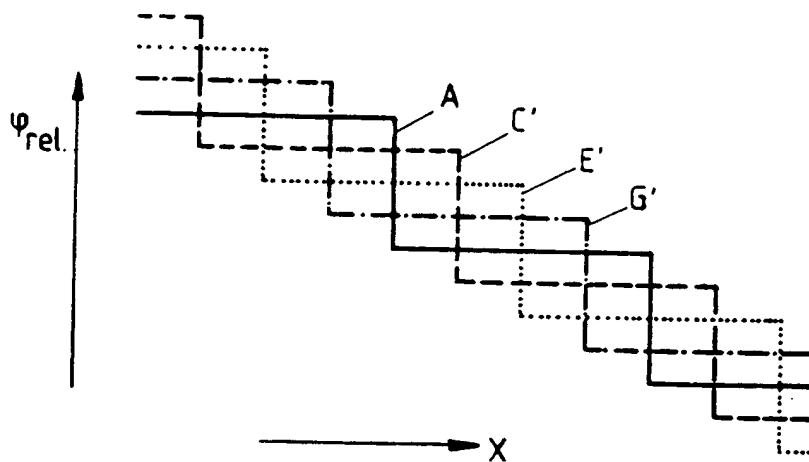
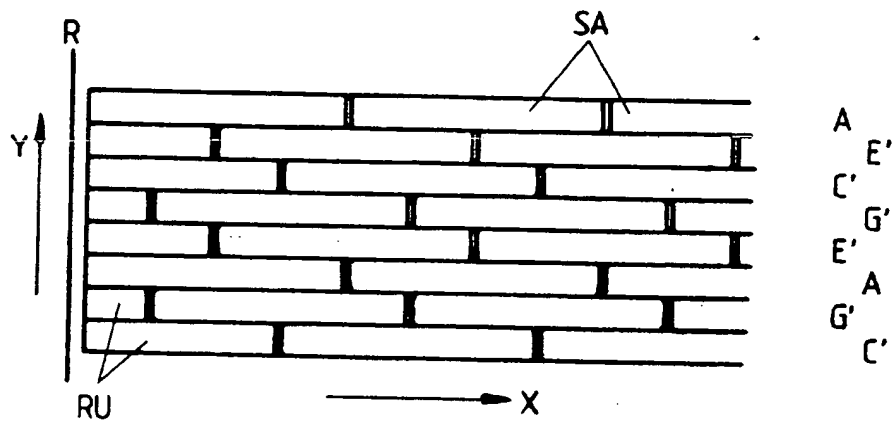


FIG. 8



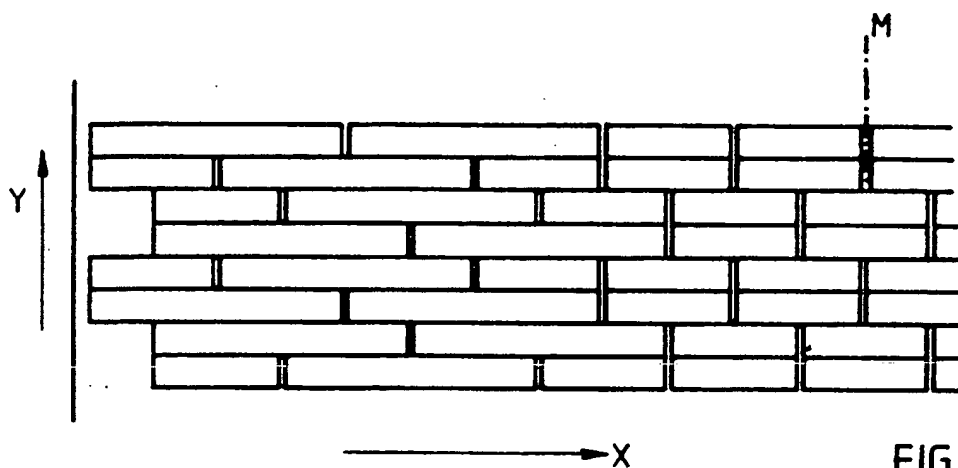


FIG. 11

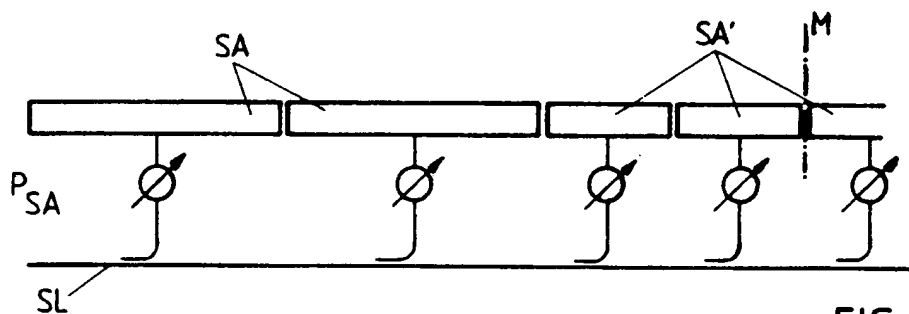


FIG. 12

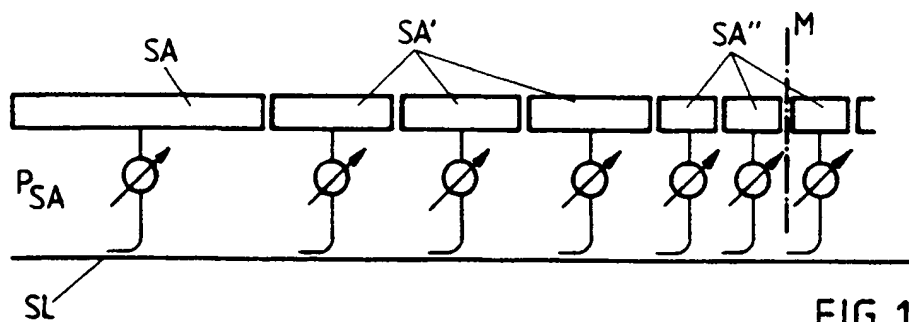


FIG. 13